



# Planificaciones

6625 - Dispositivos Semiconductores

Docente responsable: GARCIA INZA MARIANO ANDRES

## OBJETIVOS

- Estudiar la física de los semiconductores a partir de un enfoque electrostático.
- Aprender el funcionamiento de los dispositivos semiconductores más habituales (diodo, transistor MOSFET, transistor TBJ)
- Aplicar los transistores al diseño de amplificadores elementales con TBJ y MOSFET en las tres configuraciones comunes y al diseño de circuitos inversores digitales CMOS.
- Realizar trabajos prácticos centrados en el diseño, con énfasis en la medición experimental, en la simulación de circuitos mediante el software PSPICE y en el análisis de hojas de datos de transistores.
- Adquirir un conocimiento general acerca de dispositivos semiconductores de uso más específico: dispositivos opto-electrónicos (LEDs, Diodos láser, CCD), sensores (efecto Hall, termistores, etc.), dispositivos de disparo (SCR, Triac, tiristor, etc.).

## CONTENIDOS MÍNIMOS

### PROGRAMA SINTÉTICO

1. Conceptos básicos de física de semiconductores: portadores electrones y huecos; generación, recombinación y equilibrio térmico; donores y aceptores; corriente de corrimiento y corriente de difusión.
2. Juntura PN y MOS electrostática: juntura PN, barrera de potencial, zona desierta, capacidad de juntura; juntura MOS, acumulación, deserción, inversión, potencial de juntura, capacidad de juntura.
3. Transistor MOS: características de transferencia; modelo en continua; modelo de pequeña señal de alterna; parámetros del modelo SPICE.
4. Diodo PN: características I-V; modelos en continua; modelos de pequeña señal; parámetros SPICE
5. Transistor bipolar de juntura: características de transferencia; modelo en continua; modelo de pequeña señal de alterna; parámetros del modelo SPICE.
6. Circuitos digitales inversores con MOS: características de transferencia de un inversor; tecnología C-MOS; modelo SPICE.
7. Amplificadores monoetapa: configuraciones básicas para transistores MOS y TBJ; modelo SPICE

### PROGRAMA ANALÍTICO

1. Física de semiconductores y tecnología de IC
  - 1.1. Electrones, huecos, modelo de bandas.
  - 1.2. Generación, recombinación y equilibrio térmico
  - 1.3. Dopaje: donores y aceptores
  - 1.4. Transporte de portadores, corriente de corrimiento y corriente de difusión
  - 1.5. Tecnología de circuitos integrados y procesos de fabricación
2. Juntura PN y MOS. Electroestática
  - 2.1. Juntura PN estática. Barrera de potencial, zona desierta. Juntura en equilibrio térmico
  - 2.2. Potencial de contacto metal semiconductor
  - 2.3. Juntura PN en inversa. Capacidad de juntura en inversa.
  - 2.4. Modelo SPICE para juntura PN
  - 2.5. Estructura MOS. Polarización y banda plana, acumulación, deserción, inversión. Potencial de umbral VTH
  - 2.6. Capacidad de la estructura MOS
3. Transistor MOS
  - 3.1. Circuito, símbolos y terminales.
  - 3.2. Características de transferencia ID-VDS
  - 3.3. Física del dispositivo, corrientes y cargas
  - 3.4. Zonas de trabajo
  - 3.5. Modelo de canal gradual. Potencial de umbral VTH
  - 3.6. Modelo de circuito en continua
  - 3.7. Modelo de circuito en pequeña señal
  - 3.8. Capacidades
  - 3.9. Modelos canal p y canal n
  - 3.10. Estructura C-MOS
  - 3.11. Modelo SPICE
4. Diodo de juntura PN
  - 4.1. Características y definiciones de circuito
  - 4.2. Diodos PN integrados
  - 4.3. Polarización directa, corrientes de corrimiento y de difusión
  - 4.4. Inyección de portadores, corrientes de mayoritario y de minoritarios
  - 4.5. Polarización inversa

- 4.6. Modelos del diodo para pequeña y gran señal
- 4.7. Capacidad de juntura en directa, capacidad de difusión.
- 4.8. Modelo SPICE
- 4.9. Aplicaciones del diodo
- 5. Transistor bipolar de juntura
  - 5.1. Estructura, símbolos y circuito
  - 5.2. Características de transferencia y regiones de funcionamiento
  - 5.3. Polarización directa de la juntura de base. Flujo de portadores
  - 5.4. Ganancia de corriente beta
  - 5.5. Zona de polarización inversa y saturación
  - 5.6. Ecuaciones de Ebers Moll. Modelo en continua
  - 5.7. Modelo para pequeña señal híbrido pi;
  - 5.8. Efectos de 2do orden
  - 5.9. Transistores integrados npn y pnp laterales
  - 5.10. Modelo SPICE
- 6. Circuitos digitales inversores con MOS
  - 6.1. Características de transferencia de un inversor. Niveles lógicos y márgenes de ruido
  - 6.2. Características de transición
  - 6.3. Circuito inversor N-MOS
  - 6.4. Circuito inversor C-MOS.
  - 6.5. Características del inversor C-MOS
  - 6.6. Resolución con modelo SPICE
- 7. Amplificadores monoetapa
  - 7.1. Conceptos generales. Amplificadores de dos puertos
  - 7.2. Amplificación, efecto de la carga y de la resistencia del generador
  - 7.3. Amplificador CE y CS. Polarización y modelo de pequeña señal. Efecto de la resistencia en emisor.
  - 7.4. Amplificador CB y CG
  - 7.5. Amplificador CC y CD
  - 7.6. Modelo SPICE de los amplificadores
- 8. Regímenes máximos
  - 8.1. Regímenes máximos de tensión y corriente
  - 8.2. Efectos térmicos en los semiconductores
  - 8.3. Nociones de disipación de potencia y diferentes tipos de encapsulados
  - 8.4. Diodos, TBJ y MOS de potencia
- 9. Dispositivos de disparo
  - 9.1. SCR y TRIAC
- 10. Dispositivos optoelectrónicos semiconductores
  - 10.1. Emisores. LED y Laser semiconductor. Dispositivos CCD.
  - 10.2. Receptores. Fotodiodos PIN y Avalancha. Fototransistores
- 11. Sensores semiconductores
  - 11.1. Principios de funcionamiento de sensores : temperatura, aceleración, efecto Hall.

## BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía recomendada:

- "Introducción a los dispositivos semiconductores: principios y modelos", Pedro Julian, Editorial UNS.
- Microelectronics, an integrated approach. Roger Howe & Charles Sodini – Prentice Hall
- Semiconductor Physics & Devices. Donald Neamen – Mc Graw Hill
- "Device Electronics for Integrated Circuits." Muller, Richard S., Theodore I. Kamins, and Mansun Chan. 3rd ed. New York, NY: John Wiley & Sons, 2002.

Bibliografía adicional:

Texto de las clases teóricas (1 a 22). Guía TP y Material para autoevaluación: preguntas conceptuales, problemas, simulaciones. Tutorial del programa SPICE.

## RÉGIMEN DE CURSADA

### Metodología de enseñanza

- a) Semana 1 a 10 correspondientes a los capítulos 1 al 5 inclusive del programa. Clases teórico prácticas obligatorias, con explicación conceptual del tema y resolución de ejercicios en clase.
- b) Semana 11 a 16, correspondientes a los capítulos 6 a 11 del programa. Clases teórico-prácticas con explicación del tema y resolución de problemas y clases de laboratorio con utilización de software de simulación y mediciones de circuitos con instrumental.

### Modalidad de Evaluación Parcial

Evaluación escrita con desarrollo de temas teóricos y resolución de problemas.

Condiciones de aprobación:

- Aprobación del parcial (correspondiente a los capítulos 1 al 5 del programa)
- Realización de un informe del diseño, simulación y medición de un circuito (el informe debe ser aprobado antes de rendir el coloquio)
- Realización de una monografía sobre un tema a elección (la monografía debe ser aprobada antes de rendir el coloquio)
- Aprobar el coloquio (correspondiente a los capítulos 6 a 11 del programa, el informe del circuito y la monografía)

## CALENDARIO DE CLASES

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
<1> 05/03 al 10/03	Introducción - Importancia y uso de los semiconductores Física de semiconductores Física de semiconductores					
<2> 12/03 al 17/03	Física de semiconductores y tecnología de IC Juntura PN y MOS. Electrostatica					
<3> 19/03 al 24/03	Juntura PN y MOS. Electrostatica Juntura PN y MOS. Electrostatica		Tarea: Instalar PSPICE 9.1 y MATLAB	Demo programa resolución numérica exacta Juntura PN		
<4> 26/03 al 31/03	Juntura PN y MOS. Electrostatica Juntura PN y MOS. Electrostatica			Tarea: Leer tutoriales PSPICE 9.1 y MATLAB		
<5> 02/04 al 07/04	Transistor MOS		Demostración MATLAB	Tarea: Comprar materiales TP N°1		
<6> 09/04 al 14/04	Transistor MOS		Mediciones en laboratorio TP N°1 - MOSFET			
<7> 16/04 al 21/04	Diodo de juntura PN Diodos especiales: Diodos Zener, Schottky, etc.		Mediciones en laboratorio TP N°1	Tarea: Comprar Mater. TP N°2		
<8> 23/04 al 28/04	Transistor bipolar de juntura		Discusión TP N°2 - TBJ	Entrega TP N°1		
<9> 30/04 al 05/05	Transistor bipolar de juntura		Mediciones en laboratorio TP N°2			
<10> 07/05 al 12/05	Amplificadores monoetapa con MOSFET		Mediciones en laboratorio TP N°2 – TBJ	Devolución TP N°1		
<11> 14/05 al 19/05	Amplificadores monoetapa con MOSFET			2da Entrega TP N°1 - Consultas para el Parcial PARCIAL		
<12> 21/05 al 26/05	Amplificadores monoetapa con TBJ			Entrega TP N°2 - Discusión TP N°3: Amplificado Entrega notas de parcil		
<13>	Circuitos		Mediciones en laboratorio			

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
28/05 al 02/06	digitales CMOS		TP N°3 - Amplificador			
<14> 04/06 al 09/06	Fuentes de corriente y tensión // Regímenes máximos TBJ y MOSFET		Mediciones en laboratorio TP N°3			
<15> 11/06 al 16/06	Dispositivos de potencia // Dispositivos opto-electrónicos // MEMS		Mediciones en laboratorio TP N°3			
<16> 18/06 al 23/06	Sensores Semiconductores // Scaling down tecnología CMOS // Resumen general		Mediciones TP4			

## CALENDARIO DE EVALUACIONES

### Evaluación Parcial

Oportunidad	Semana	Fecha	Hora	Aula
1º	10			
2º	12			
3º	14			
4º				
Otras observaciones				
Las fechas de evaluaciones parciales se confirmarán durante el cuatrimestre.				